

УДК 669.35-19

**А. В. Чемезова, А. О. Овчинникова\***

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*anastasiya1825@gmail.com*

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук В. Р. Бараз

## ОСОБЕННОСТИ МЕДНОНИКЕЛЕВОГО СПЛАВА МН19, СИНТЕЗИРОВАННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ

Работа посвящена изучению использования аддитивных технологий для получения экспериментального объекта. Рассмотрены структура и механические свойства трехмерной модели, изготовленной методом селективного лазерного сплавления из порошков медноникелевого сплава МН19.

*Ключевые слова:* мельхиор, медноникелевый сплав, селективное лазерное сплавление, структура, свойства

**A. V. Chemezova, A. O. Ovchinnikova**

## FEATURES OF COPPER-NICKEL ALLOY MN19 SYNTHESIZED BY SELECTIVE LASER MELTING

This work is devoted to the study of the use of additive technologies to obtain an experimental object. The structure and mechanical properties of a three-dimensional model made by selective laser melting of copper-nickel alloy MN19 powders are considered.

*Key words:* melchior, copper-nickel alloy, selective laser melting, structure, properties

**Т**ехнология селективного лазерного сплавления (СЛС) позволяет создавать металлические объекты из плавкого металлического порошка. В этом случае детали создаются послойно, посредством наплавления материала под действием лазерного луча, который фактически вырисовывает форму каждого слоя до полной готовности объекта.

В настоящей работе основное внимание было уделено использованию метода СЛС для получения экспериментального объекта на основе промышленного сплава МН19.

Химический состав сплава МН19: 19,0 % Ni, 0,157 % Fe; 0,245 % Si; остальное — Cu.

С целью приготовления порошка из проволоки была использована установка для газопламенного напыления. Был получен порошок с диаметром частиц не более 40 мкм. Изготовление трехмерной модели из сплава МН19 проводилось на 3D-принтере EOS M280. В результате был изготовлен объемный образец в виде прямоугольного параллелепипеда размером 30×30×10 мм (рис. 1). Формирование модели осуществлялось на подложке из прокатанной монолитной заготовки этого сплава.

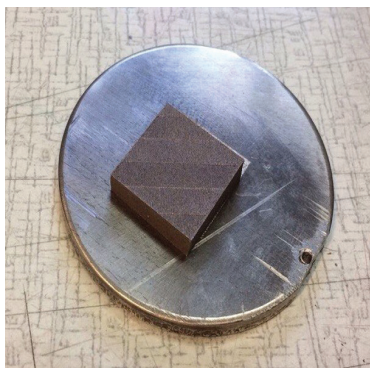


Рис. 1. Готовая трехмерная модель 3D-образца на подложке

Металлографический просмотр структуры данных шлифов показал, что в исходном (монолитном) состоянии сплав имеет типичную картину отожженного материала, подвергнутого небольшой пластической деформации (рис. 2, *а*). Структура образца, подвергнутого СЛС, существенно иная (рис. 2, *б*). Она состоит из многочисленных дисперсных фрагментов, имеющих характерный вид так называемых турбулентных завихрений, сохраняющих каплевидную конфигурацию.

Фактически не удается наблюдать типичную картину, характерную для кристаллического состояния, — нет дендритной структуры, отсутствуют признаки зеренного строения с наличием границ этих структурных образований. Возникает предположение, что в условиях локального лазерного нагрева последующее охлаждение в распла-

ленных участках идет с такой скоростью, что становится возможным подавление процесса кристаллизации и фиксирование сильно переохлажденной жидкой фазы, т. е. получение аморфного состояния (металлического стекла).

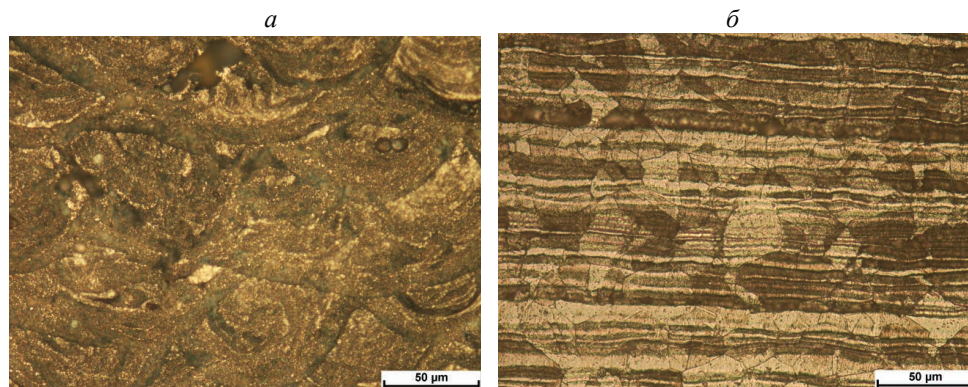


Рис. 2. Микроструктура образцов:  
а — монолитного, б — сплавленного

**Плотность.** Были получены следующие данные: плотность монолитного образца составила  $8,925 \text{ г/см}^3$ , а сплавленного —  $8,562 \text{ г/см}^3$ , т. е. последний материал формально оказался менее плотным. Однако это различие не носит принципиального характера — оно составляет всего 4 %.

**Шероховатость.** Параметры шероховатости (профиль рельефа) для обеих поверхностей имеют следующие показатели: монолит —  $710 \pm 15 \text{ нм}$ ; 3D-образец —  $660 \pm 20 \text{ нм}$ . Можно заключить, что спеченный образец характеризуется относительно лучшей «гладкостью».

**Микротвердость.** Установлено, что микротвердость сплава МН19 в исходном состоянии, т. е. после отжига, составляла 62 НВ. В то же время микротвердость 3D-образца оказалась на 19 % выше и равнялась 75 НВ.

На основании выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1) метод трехмерного построения 3D-модели впервые был реализован применительно к медноникелевому сплаву типа МН19. С использованием селективного лазерного сплавления (СЛС) был получен объемный образец в форме прямоугольного параллелепипеда;

2) структурные исследования показали, что полученная 3D-модель не характеризуется типичными признаками кристаллического строения. Высказано предположение, что в данных условиях процесс сплавления, видимо, привел к формированию структурного состояния, близкого к аморфному;

3) показано, что сплавленный 3D-образец практически не отличается по плотности от монолитного аналога, но значимо выделяется меньшей шероховатостью поверхности, а также более высокими значениями твердости.